

Chapter

01

메타버스와 디지털 트윈

김병철_중부대학교 교수

메타버스가 4차 산업혁명을 상징하는 총아로 떠오르고 있다. 인공지능, 초연결, 가상현실 등으로 대변되던 4차 산업혁명을 산업의 관점이 아니라 “세계의 관점”에서 재상징화하고 있기 때문이다. 그러나 ‘세계’로서 표현하고 있기 때문에 그것이 의미하는 바가 구체적으로 무엇인지 정의하고 설명하는 것은 더 어렵다. 본 고에서는 관련 개념의 역사적 발달 과정을 살펴보고 그 흐름이 나아가는 방향에 대해 논의하여 이에 대한 이해를 돕고자 한다. 특히, 그것이 나아가는 선(線) 상의 근거리에 있을 것으로 보이는 디지털 트윈의 개념과 관련 사례들을 살펴보면서 메타버스가 실질적으로 언제 어떻게 우리에게 다가올 수 있고, 다가오고 있는지를 보다 실증적으로 확인해 보고자 한다.

I. 서론

메타버스가 정보기술(IT) 분야를 넘어 전 산업 분야에서 호명되고 있다. 4차 산업혁명의 핵심 기술 중 하나인 인공지능이 각 산업 분야에 접목되어 개별 산업들이 “21세기형 신산업”으로 혁신적 발전을 이룬다는 각개 약진형 비전이, 메타버스라는 세계관을 바탕으로 하여 앞으로 다가올 “신세계에서의 포지셔닝” 전략으로 거듭나고 있기 때문으로 보인다.

그러나 세계는 하나의 유기체로서 그 안에서 서로가 서로에게 상호의존적으로 존재하므로 아직 존재하지 않는 세계 속에서 특정 포지션을 구체적으로 상정하고 대비하는 것은 무척 어렵다. 특히, 기존 산업들이 의존하고 있던 각 파트너들이 어떻게 진화할지를 단정하기 어려운 상황에서는 더욱 그렇다. 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 우선 이 메타버스라는 용어의 의미가 무엇인지, 어떠한 맥락 속에서 탄생하여 어떤 세계를 가리키고 있는지를 파악

* 본 내용은 김병철 교수(☎ 031-8075-1608, ciel@jbma.ac.kr)에게 문의하시기 바랍니다.

** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

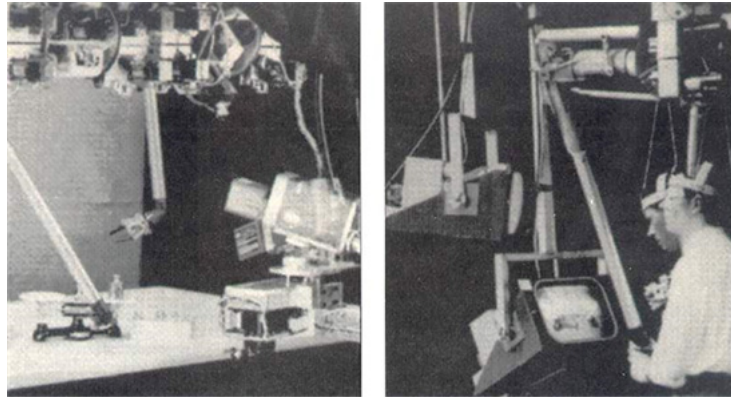
하여 “신세계의 틀”에 대한 윤곽을 보다 선명히 할 필요가 있다. 또한, 동시에 그 틀을 구현해 나갈 구체적인 시작점을 특정하고 이를 면밀히 살펴보면서 틀에 대한 이미지를 현실화할 필요가 있다. 그러한 연후에 각 분야의 특수성을 반영한 정밀한 포지셔닝이 가능할 것이다.

그렇다면 그 구체적인 시작점은 무엇인가? 본문에서 구체적으로 다루겠지만, 그 힌트는 “3차원 정보화”에서 찾을 수 있다. 배니바 부쉬(Vannevar Bush)가 생각했던 기억의 확장(Memex)[1], 테드 넬슨(Theodor Nelson)이 고안했던 하이퍼텍스트(Hypertext)[2], 앨빈 토플러(Alvin Toffler)가 예견하였던 지식 정보 혁명[3]은 그 일차적 소명을 완수한 후 “또 다른 세계”에 대한 인간의 오랜 염원과 맞물려 “형태의 정보”에 대한 소구(訴求)를 이끌어낸다. 인간에게 주어진 현실세계와 인간이 만든 정보세계가 인간에게 대등(동등)한 것이 되기 위해서는 그 정보 간의 “상호 호환성(Commensurability)”이 전제되어야 하기 때문이며, 상호 호환을 위해서는 현실 세계 4차원 시공간 정보가 최소 기준이 될 수밖에 없기 때문이다. 이는 형태의 3차원 정보와 그 시간축 상의 움직임에 대한 정보를 기반으로 하는 디지털 트윈(Digital Twin) 개념의 출현으로 이어진다.

따라서, 본 고에서는 우선 1940년대부터 시작된 메타버스로 지칭되는 새로운 세계에 대한 비전의 맥아를 연대기적으로 살펴보고자 한다. “또 하나의 손”에 대한 추구에서부터 원격조작(Tele-operation), 원격현전(Tele-presence), 궁극의 디스플레이(Ultimate Display), 인공현실(Artificial Reality), 사이버스페이스(Cyberspace), 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 메타버스, 혼합현실(Mixed Reality)에 대한 개념 발달 및 전개까지를 다룰 것이다. 다만, 지면의 한계 상 각 개념의 주요 모티프와 그것이 바라보았던 “또 다른 세계”에 대한 관점에 대해 주로 기술할 것이다. 그리고 이들의 비전을 현실화할 마중물로서 디지털 트윈 및 관련 개념을 고찰하고, 여러 분야에서의 사례들을 간략히 살펴보고자 한다.

II. 또 다른 손에서 메타버스까지

초기의 연구자들은 우선 ‘손’에 주목하였다. 또 다른 세계를 경험하는 데는 세계에 대한 제어·조작이 필수적이며, 인간에게는 거기에 가장 직관적인 것이 손이라고 생각했기 때문이었다. 그래서 원격 제어(Remote Control 혹은 Tele-operation)를 위한 조작(Manipulation) 기



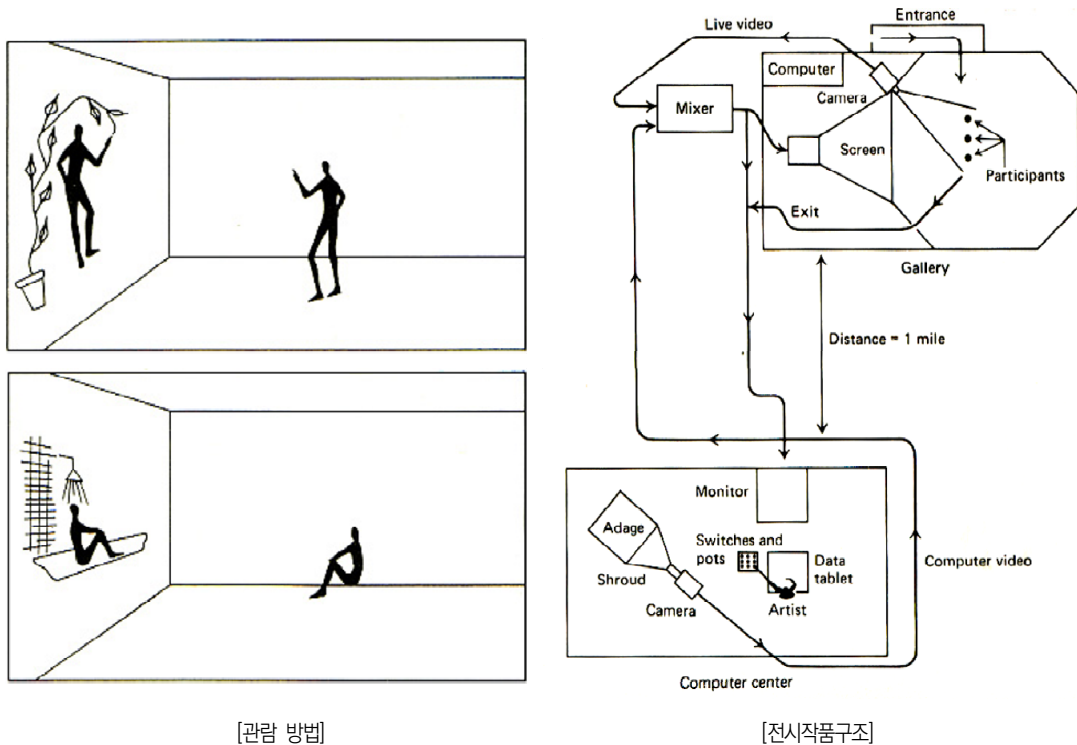
〈자료〉 S. Ellis, "What are Virtual Environments?," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.14, No.1, Jan 1994, pp.17-22.

[그림 1] 1960년대 초 Argonne National Lab.의 원격 제어 시스템

술이 1940년대부터 개발되기 시작하였다. 미국 아곤국립연구소(Argonne National Lab.)에서는 1947년경 위험한 화학약품을 조작하기 위한 기계손을 개발하기 시작하였고, 1954년 경에는 반력제공(Force-feedback)이 되는 장치를 개발하였으며, 1960년대 초에는 텔레비전으로 원격지의 영상을 확인하며 제어할 수 있는, 머리와 손으로 제어되는 원격지 조작 시스템을 개발하였다[4].

한편, 1950년대 말 미국 할리우드에서 촬영감독으로 일하던 모튼 헤일리그(Morton Heilig)는 센서라마(Sensorama)라는 장치를 만든다. 이미 1930년대부터 미국 영화업계는 가정용 텔레비전의 보급을 영화산업의 발전에 대한 위협으로 인식하고, 극장에서만 제공할 수 있는 더 나은 “세계 경험”을 생성하는 장치를 개발하려는 시도를 해오고 있었다. 그의 연장선 상에서 그는 몰입적 세계 경험은 오감에서 비롯된다고 전제하고, 양안용 영상과 스피커, 진동 의자, 냄새 배출 장치, 조작 레버 등이 달린 오감체험(미각 제외) 장치를 만들었다. 자전거를 타고 미국 뉴욕 브루클린 시내를 여행하는 콘텐츠까지 제시하였으나 특허 등록과 프로토타입 시연까지만 마쳤을 뿐 상업적으로 양산되지는 못하였다. 특기할 점은 이 장치가 컴퓨터 없이 작동되는 단순 전자/기계공학적 장치였다는 것이다.

1960년대 후반에는 인터랙티브 아트(Interactive Art)의 선구자인 마이론 크루거(Myron Krueger)가 메타플레이(Metaplay)와 같은 작품을 선보였으며, 자신의 예술 작품들을 통칭하여 인공현실(Artificial Reality)이라 명명하였다. 이 메타플레이는 심지어 컴퓨터 없이

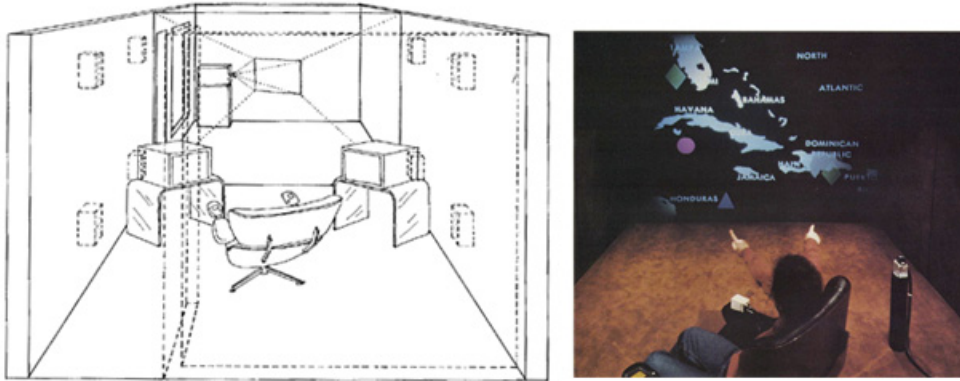


〈자료〉 Myron W. Krueger, Artificial Reality II, Addison Wesley, 1991.

[그림 2] 1960년대 인터랙티브 아트인 메타플레이 관람 방법과 전시작품구조

인간 아티스트가 화면용 그림을 실시간에 그린 것이 카메라로 전송되어 다른 방에 있는 관람자가 대형 벽면 스크린에서 경험하는 방식이었고, 이후 1970년대에 들어서서 비디오플레이스(Videoplace) 등의 작품에서 컴퓨터 기술이 도입되었다.

1965년경 컴퓨터 그래픽스의 창시자로 불리는 하버드 대학교(Harvard University) 아이번 서덜랜드(Ivan Sutherland) 교수는 궁극의 디스플레이(The Ultimate Display)에 대한 개념을 정의한다. 디스플레이가 단순히 특정 감각에 대한 재현을 하는 장치가 아니라, 컴퓨터가 물질의 존재까지 제어할 수 있는 공간(a room which the computer can control the existence of matter)이어야 한다고 선언한 것이다. 그러한 비전하에 1968년경 그는 제자들과 HMD(Head-Mounted Display)를 개발하였다[9]. 양안형(Binocular) 소형 CRT(Cathode-Ray Tube)에 컴퓨터로 생성되는 3차원 도형을 사용자의 머리 방향에 따라 적절한 시점(Viewpoint)으로 재현하는 장치였다. 비록 데이터량이 적고 양안에 다른 이미지



〈자료〉 R. A. Bolt, "Put-That-There: Voice and Gesture at the Graphics Interface," ACM Computer Graphics, Vol.14, No.3, 1980, pp.262-270.

[그림 3] 1979년 MIT의 Put-That-There 미디어 룸 환경 구성 및 활용 모습

(Stereoscopic Images)를 전달하는 것은 불가능하였지만, 컴퓨터 계산 속도가 빨라지는 미래에는 궁극의 디스플레이의 기초적인 형태가 될 수 있을 것으로 기대하였다.

이러한 기술적, 개념적 발전을 바탕으로, 원격현전의 개념이 1979년 인공지능 학자인 MIT(Massachusetts Institute of Technology)의 마빈 민스키(Marvin Minsky) 교수 및 그 동료에 의해 정의된다. 그는 당시 미국에서 발생하였던 TMI(Three Mile Island) 원전 사고와 같은 재해·재난 수습을 위해 원격 제어를 넘어 “마치 인간이 거기에 직접 있는 듯한 느낌”을 가지고 “마치 자신의 손”으로 조작하는 것 같은 수준의 현장 제어가 가능한 기술, 즉 원격현전(Tele-presence) 기술이 필요함을 역설하였다[6].

그해 또 다른 MIT 연구진들은 손을 이용한 제스처와 음성 인식을 통해 디지털 정보 공간을 제어할 수 있는 Put-That-There라는 시스템을 개발하였다[7]. 개별 첨단 장치들을 넘어 ‘가상공간(Virtual Space)’과 실제공간(Actual Space)이 중첩되거나 심지어 융합될 수 있는 미디어 룸(Media Room)이라는 개념을 정의하기 위해서였다. 이 미디어 룸에서 사용자는 손 제스처를 통해 컴퓨터에게 제어 지시를 할 수 있었다. 이는 손의 움직임을 추적할 수 있는 자기장 센서(Magnetic Sensors)와 음성 인식을 통해 구현되었다.

1982년 및 1984년에는 소설가 윌리엄 깁슨(William Gibson)이 소설 ‘뉴로맨서(Neuromancer)’ 등에서 사이버스페이스(Cyberspace)라는 용어를 도입하였다[8]. 1948년 MIT의 노버트 위너(Norbert Wiener) 교수가 그리스어로 직접 조여한 사이버네틱스(Kybernetes⇒Cybernetics)

개념[9]을 활용한 것으로서 사이버스페이스 및 매트릭스(The Matrix)를 “공유된 감각적 환영(A Consensual Hallucination)”으로 정의하였다. 두개골용 전극(Cranial Jack)을 뇌에 삽입하여 전자정보를 뇌로 직접 송수신하는 기계를 통해 인간이 전자정보세계를 마치 현실 시공간처럼 경험하는 것을 묘사하였고, 이는 영화 매트릭스(The Matrix, 1999)의 직접적인 모티프가 되었다.

1980년경에는 토머스 지머만(Thomas Zimmerman)이 데이터 글러브(Data Glove) 형태로 다시 한 번 “또 다른 손”을 개발한다. 이 ‘손’을 이용하면 “데이터를 직접 만지면서” 정보 공간을 탐색·제어하고, 심지어 프로그래밍까지 할 수 있을 것으로 기대하였다. 1985년에는 벤처사업가이자 연구자인 재론 래니어(Jaron Lanier)가 토머스 지머만과 함께 VPL Research라는 회사를 설립하여 비교적 저렴한 HMD와 데이터 글러브 세트를 판매하기 시작했고, 이때 가상현실(Virtual Reality)이라는 용어를 처음으로 사용하기 시작하였다. HMD는 개념 시연 이후 미항공우주국(NASA) 등에 의해 꾸준히 개발되어 발전되고 있었으나 제작비용이 높아 대중화에 한계가 있던 상황이었다.



〈자료〉 J. D. Foley, “Interfaces for Advanced Computing,” Scientific American, Vol.257, No.4, Oct. 1987, pp.126-135.

[그림 4] 데이터 글러브(Data Glove) 활용 모습

1992년에는 소설가 닐 스티븐슨(Neal Stephenson)이 소설 “스노우 크래쉬(Snow Crash)”에서 메타버스라는 단어를 처음 사용하였고(a computer-generated universe that his computer is drawing onto his goggles and pumping into his earphones ... known as the Metaverse), 아바타(Avatar)라는 용어를 인도 신화에서 차용하였다[11]. 즉, 메타버스는 전자 정보로 만들어진 공간에서 아바타가 되어 다른 아바타들과 소통하고 경험하는 세계였다(He is not seeing real people, of course. This is all a part of the moving illustration drawn by his computer ... The people are pieces of software called avatars. They are the audiovisual bodies that people use to communicate with

each other in the Metaverse).

그해에는 또한 현실에 정보층위를 추가하여 시각적으로 전달하는 증강현실 개념도 정의되었고[12], 이는 이후 현실 정보의 폭넓은 실시간 제공에만 그치는 것이 아니라 현실 정보의 의미를 의도적으로 변형하거나 추가 의미를 부여하는 형태로 발전하게 된다. 1994년에는 실제현실, 가상현실, 증강현실의 개념을 통합하는 혼합현실이라는 개념 체계가 제안되었다[13]. 현실공간과 정보공간이 별개의 것들이 아니라 서로 연결되어 있으며, 어떤 가치에 보다 중점을 두느냐에 따라 이를 “실제-가상 연속체(Reality-Virtuality Continuum)” 스펙트럼의 형태로 이해할 수 있다는 관점이었다.

이렇게 1940년대부터 1990년대까지 사이버네틱스, 기계 손, HMD, 원격현전, 인공현실, 미디어룸, 사이버스페이스, 데이터 글러브, 가상현실, 증강현실, 메타버스, 아바타 등의 기술과 개념이 등장하고 발전되었다. 이를 관통하는 핵심은, 개념적으로 공학적으로 인간이 감각 피드백을 통해 “다른 신체(아바타)”를 경험할 수 있고, 이를 통해 다른 세계(원격지, 가상세계)를 ‘체험’할 수 있다는 것이었다.

III. 메타버스

앞장에서 살펴본 개념과 기술들의 연대기를 통해, 메타버스는 사실 이미 한 세대(30년) 전에 등장한 개념이며, 또한 동시대에 출현한 인공현실, 사이버스페이스, 가상현실 등과 경쟁하는, 유사한 미래 현상을 가리키는 개념이었다는 것을 알 수 있다. 우리나라에서도 1990년대 후반에서 2000년대 초반 사이버스페이스, 사이버 문화에 대한 개념이 보편화되었으며, 2010년대 중후반에는 가상현실과 증강현실이 대중적으로 이해되기 시작하였다. 본격적인 질문은, 그렇다면 왜 2020년대 들어 전세계적으로 메타버스가 새로운 것으로서 다시 호명되기 시작하였는가 하는 점이다. 이를 이해하기 위해 메타버스의 의미를 그 어원에서부터 명명된 맥락까지 더 구체적으로 다시 살펴보고자 한다.

메타버스(Metaverse)란 메타(Meta)와 유니버스(Universe)의 합성어이다. 메타는 고대 그리스 시절부터 사용되었던 어원으로 ‘뒤(Behind)’나 ‘변화(Change)’의 의미를 가지고 있었다. 예를 들어, 전자의 뜻으로는 형이상학(形而上學, Metaphysics: 메타피직스), 후자로는 개심(改心, Metanoia)이라는 단어들이 있다. 그런데 이 단어들이 전파되는 과정에서 오해가

발생하여 메타에는 ‘너머(Beyond)’의 뜻이 추가되었다고 한다.

고대 로마제국은 초기에 당시 지중해의 헤게모니를 쥐고 있던 그리스 문화로부터 깊은 영향을 받고 있었고, 많은 로마 귀족들은 그리스에 유학하거나 그리스 서적들을 통해 공부하였다. 이 그리스 교재들 중 피직스와 그 뒷권인 메타피직스가 있었다. 피직스(Physics)는 피지스(Physis)에 대한 학문인 피지케(Physike)의 영어식 철자이다. 피지스는 자연(Nature), 특히 인간이 감각적으로 확인할 수 있는 모든 것들을 가리키는 말이었고, 피지케는 그러한 자연에 대한 학문, 사물의 이치에 대한 학문을 의미하였다. 그래서 학습 편의상, (직관적으로 느껴지는) “눈에 보이는” 것에 대한 학문을 먼저 공부하고, 그리고 나서 “눈에 보이지 않는” 것들에 대한 학문을 공부하기 위한 것이 메타피직스, 즉 “피직스를 배운 뒤의 학문” 혹은 “자연 다음에 대한 학문”이었다.

그런데 이것이 그리스어에 정통하지 못한 로마인들에게 전파되면서 메타피직스가 다루는 “눈에 보이지 않는” 것이 “보이는 것 너머에 있는” 것들에 대한 것으로 이해되면서 거꾸로 메타가 ‘너머(超)’라는 의미를 갖고 있는 것으로 오해되게 되었다고 한다. 그리고 로마제국 라틴어의 언어적 영향권에 있던 서유럽 지역에서 이것이 널리 퍼져 메타의 뜻이 그렇게 확장되었다. 한자문화권에서는 이를 다시 형이상학(形而上學), 즉 모양 위(너머)에 대한 학문으로 번역하였고, 결국 우리에게도 메타가 주로 ‘너머’나 ‘초월’의 의미로 이해되었다.

유니버스는 “하나/단일”을 뜻하는 유니(Uni-)와 “향한다/방향”을 뜻하는 버스(-verse)의 합성어로서 하나의 방향, 하나로 향하는 것, 하나로 이어진 것이라고 직역할 수 있다. 세계 혹은 우주의 모든 존재가 실상 모두 하나로 연결되어 있다는 뜻에서 우주를 가리킨다. 참고로 한자어 우주(宇宙)는 우주를 집에 빗대어 표한한 것으로서 공간(宇)과 시간(宙)으로 이루어진 시공간 세계를 의미한다.

메타버스란 그래서 “초월적 유니버스”라고 이해할 수도 있고, “변화된 유니버스” 혹은 유니의 의미를 제외한 “다중 우주(소위 멀티버스라고도 하나, 이 단어는 1895년 심리학자 윌리엄 제임스가 조금 다른 의미로 사용한 적이 있음)”라고 이해할 수도 있으며, 사실 그 모든 뜻을 포함하는 의미라고 이해할 수 있을 것이다. 윌리엄 깁슨의 ‘사이버스페이스: 매트릭스’에 대비되는 닐 스티븐슨의 ‘메타버스: 어스(Earth)’라는 용어는 소설 속의 메타버스가 바로 지구(The Earth)에 중첩되면서도 다른 세계라는 것을 알 수 있게 한다.

참고로 메타버스와 메타피직스는 어형은 비슷하나 그 뜻은 오히려 반대라고 할 수 있다.

퀴지스라는 감각할 수 있는 것 너머를 탐구하는 메타피직스와 감각을 통해 “또 다른 세계”를 인공적으로 만들어내려고 하는 메타버스의 대립구도로 이해할 수도 있고, 퀴지스를 만들어내는 감각 이전의 우주 원리/원형에 초점을 맞춘 메타피직스와 “또 다른 세계”를 만들어내기 위한 감각 재현에 초점을 맞춘 메타버스의 대립구도로 이해할 수도 있을 것이다.

이렇게 살펴보았을 때, 메타버스가 사이버스페이스나 가상현실 대신 새로운 현상에 대한 이름으로 (재)호명된 이유는, 이미 대중적인 용어가 된 그것들을 대체하기 위한 의도도 다소 있겠지만, 현실세계에 초월적이면서도 중첩 가능하고, 분리·다중적으로도 존재할 수 있으며, 특히 아바타라는 강림된 신체를 가진 “세계 내 존재(In-der-Welt-Sein)”가 될 수 있는 우주적 세계로서의 개념이 직관적으로 전달되는 느낌이 주효했다고 여겨진다.

결국, 이러한 중첩 가능성과 신체성에 대한 개념은 기본적으로 현실세계의 3차원 공간/형태 정보를 전제하고 있으며, 따라서 메타버스의 도래를 가능할 수 있는 잣대로서 그러한 3차원 형태 정보 재현의 수준과 범위의 정도를 상정해 볼 수 있다. 이는 다음 장에서 살펴볼 디지털 트윈이라는 개념으로서 바라볼 수 있을 것이다.

IV. 디지털 트윈

2003년경 미시간 대학교(Michigan University) 마이클 그리브스(Michael Grieves) 교수는 디지털 트윈이라는 용어를 제창하였다[14]. 제품 제조(Manufacturing), 더 크게는 제품 수명 주기(Product Lifecycle Management: PLM)의 관점에서 디지털 정보와 실제품의 동등성(Equivalence)을 달성해야 한다는 선언적 개념이었다. 기본적으로는 제품의 설계 시부터 개별 부품이 제조로 직접 연결되는 수준의 형태 동등성을 갖추고, 조립되는 과정의 정보 또한 디지털화하고 완성된 제품이 사용될 때 작동되는 과정과 상태에 대한 정보가 다시 디지털 정보로 환원될 수 있어야 한다는 것이다. 이를 통해, 제품 수명 주기 전반을 모니터링하고 (분산되어 있는) 제조 공장과 공정을 효율적·효과적으로 관리하여 제품의 제조 및 서비스 비용을 최적화할 수 있을 것으로 기대하였다.

다만, 이것은 갑자기 돌출된 창발적인 개념이라 보기는 어렵고, 유사한 관점의 개념들이 비슷한 시기에 여러 분야에서 출현하였다. 예를 들어, 빌딩정보모델링(Building Information Modeling: BIM) 개념은 1970년대부터 논의되기 시작하여[15] 1990년대 초반에는 이미

BIM이라는 용어가 사용되었고[16], 2000년대 초반에는 이를 지원하는 상용 소프트웨어들이 출현하였다[17]. 단순히 건축물의 형상 설계에만 컴퓨터를 이용하는 것이 아니라 그 과정과 재료, 비용, 공정기간 등의 정보를 총체적으로 디지털화하고 관리할 수 있어야 한다는 것이 핵심이었다.

또 다른 예로 의류 제조 분야에서의 버추얼 패션(Virtual Fashion) 개념을 살펴볼 수 있다. 1990년대 컴퓨터 의상 시뮬레이션 기술이 발전되면서 2000년대 초반부터는 2차원 옷감 패턴을 CAD(Computer-Aided Design)로 입력하는 것을 넘어서 이것이 재봉되고 착용자에게 입혀진 상태까지를 총체적으로 관리하며, 더 나아가 옷의 초기 디자인부터 컴퓨터 상에서 3차원으로 시작할 수 있는 시스템들이 개발되기 시작했다. 이를 통해, 디자인 단계에서의 시행착오와 비용, 시간을 크게 줄일 수 있을 뿐만 아니라 PLM의 관점에서 의류 제조의 전 과정을 최적화할 수 있을 것으로 기대되었다.

그러나 가상현실, 메타버스의 개념이 2010년대 중반부터 재호명되고, 그에 필요한 컴퓨터 하드웨어 및 소프트웨어 기술이 발전하면서 이러한 디지털 트윈류의 개념들은 PLM을 넘어서 “새로운 세계”를 구축하는 기본 요소로서 받아들여지기 시작하였다. 즉, 실물을 조금 더 효율적으로 생산·관리하기 위한 부수적 기술의 관점에서 “형태 기반 정보 세계”를 유효하게 ‘뒷받침’하기 위한 필수적 기술의 관점으로 변화하고 있는 것으로 보인다.

또한, 근래의 디지털 트윈은 초기 사이버네틱스 개념을 최신화한 CPS(Cyber-Physical System)라는 개념에도 영향을 받고 있는 것으로 보인다. 2006년경 제창된 CPS의 경우는 네트워크 기반 임베디드 시스템의 연장선상에서 출현한 개념으로서 제조나 형태 동등성보다 그 작동과 제어 정밀성에 초점을 맞춘 개념이다. (인터넷) 통신을 통해 환경 정보 및 제어 명령을 수신하고 자신의 상태 정보를 송신하면서 센서 데이터를 기반으로 판단을 내리고 물리적으로(Physically) 작동한 후 그 결과를 다시 피드백하여 다음 행동을 결정한다. 네트워크 기반 인공지능 로봇이 그 대표적 방식이라고 할 수 있다.

이렇게 형태 정보뿐만 아니라 그것이 작동하는 과정과 상태의 동등성, 즉 형상(形狀) 동등성까지 기본적으로 요구하는 최신 사례들은 메타버스 속에서 가능한 한 “모든 것”을 달성하려는 관점의 전환으로 느껴진다. 마치 ‘온라인’으로 “모든 정보”를 처리하는 것이 가능할 것이라는 사고의 전환이 이루어지던 2000년 전후 즈음을 보는 것 같다. 요컨대 메타버스가 더 이상 있어도 좋고 없어도 상관없는 부가적인 세계가 아니라 그 자체로서 우리에게 필수적

인 세계로서 받아들여지는 과정으로 이해되는 것이다.

특기할 지점은 궁극적인 디지털 트윈 시스템으로 발전하는 과정상에서는 오히려 형상 동등성에 대한 요구수준이 상대적으로 낮아질 수 있다는 것이다. 사실 기술적으로 보면 형태 동등성을 달성하는 것은 이미 2000년대부터 대체로 기술적 난도보다는 초기 설계비용과 생산 설비 업그레이드의 문제였다. 특히, 디지털 트윈 개념이 실제 운용 시스템에 대한 것으로 확장되고, 더 나아가 메타버스 속의 실시간 상호작용이 필요한 서비스에 대한 것으로 확장되면서 그 작동 과정과 상태의 재현 및 시뮬레이션이 더 시급한 문제가 되었다. 많은 경우, 형상 기반 수치 해석 모델 및 시뮬레이션 기술의 확보가 여전히 어렵기 때문이다. 따라서 최근의 디지털 트윈형 시스템은 형태 동등성에 대한 요구수준을 낮추고 실시간 상태 모니터링 및 작동 재현 및 시뮬레이션에 조금 더 초점을 맞추고 있다[18].

V. 디지털 트윈형 시스템 개발 사례

1. 버추얼 패션 시스템

현실 세계든 메타버스든 그 안에서 ‘사람’이 존재한다면 의복은 필수적이다. 의식주로 표현되는 문명의 기본 축 중의 하나이며, 특히 식(食)이 필요 없고, 주(住)가 부차적인 메타버스 속에서는 일상 활동 중 시각적으로 가장 분명하게 느껴지는 문화적 요소의 하나라고 할 수 있다. 이 의상을 설계부터 재봉, 착장까지 컴퓨터로 처리하기 위한 디지털 트윈 시스템이 2000년대 초반부터 개발되었다.

그 중 대표적으로 (주)클로버추얼패션(CLO Virtual Fashion)의 CLO™를 들 수 있다. 2차원 스케치 시안을 빠르게 3차원 의상으로 변환시킬 수 있는데, 이 과정에서 필요한 2차원 패턴 생성, 재봉선 설정, 물성 설정 등을 자동/반자동으로 할 수 있으며, 의상제작에 소요되는 원부자재 정보도 ID 기반으로 매칭하여 PLM에 활용할 수 있다[19].

이러한 버추얼 패션 시스템에는 형태 동등성이 기본적으로 전제되어야 하지만, 현재 기술 수준으로 섬유가 꼬여 만들어진 실(絲)의 직조된 형태를 마이크로미터 단위로 동등하게 재현하는 것은 어려우며, 상업적으로는 요구되지도 않는다. 즉, 상업적으로 이용하는 데 필요한 “정적 형태 동등성”의 최소 수준과 그것이 착장되었을 때 나타나는 “동적 형태 동등성(≒형상

동등성”이 실제 시장에서 요구되고 있다. 특히 동적 형태 동등성은, 다양한 물성의 원부자재(면, 실크, 가죽 등)로 재봉된 의상이 다양한 신체 모델(남성, 여성, 키, 체형 등)에 입혀졌을 때 나타나는 모양으로서 고객이 실물 의상을 경험하기 전에 확인하고자 하는 주요 정보인 의상의 착용감(핏)을 제공하기 위한 핵심적 가치라고 할 수 있다. 이를 위해서는 보다 나은 의상 시뮬레이션 기술이 요구되며, 이를 위한 연구 개발에 노력이 경주되고 있다.

2. 해양 디지털 트윈 시스템

한국해양과학기술원(KIOST) 부설 선박해양플랜트연구소(KRISO)는 제주도 용수리에 있는 파력발전소에 대한 디지털 트윈형 관리 시스템을 개발하였다. 파고를 실시간으로 계측하여 파력 발전 상태를 3차원으로 모니터링할 수 있으며, 몇 가지 운용 시나리오를 바탕으로 미래의 파고에 대비한 발전 상황을 시뮬레이션할 수 있어 발전소 운영의 직관성 및 효율성을 제고하기 위함이다.

KIOST와 KRISO는 공동으로 해양장비 실패역 성능검증을 위한 시험평가선 실시간 모니터링 프로그램을 개발하였다[20]. 파고, 풍속, 수심별 유속, 선박 및 해저 피평가물의 속도 ·



〈자료〉 KRISO, “해양장비 실패역 성능검증을 위한 시험평가선 실시간 모니터링 프로그램 개발”, 보고서, 2021.

[그림 5] 시험평가선 실시간 모니터링 시스템 화면(센서 데이터 기반 실시간 형상 재현)

방향 등의 데이터를 센서로부터 수합하여 선내 혹은 원격지에서 3차원 형상 기반으로 실시간 모니터링이 가능한 시스템이다. 또한, KRISO는 2020년부터 사이버물리운영시스템(Cyber-Physical Operating System)을 개발하고 있다. 심해 장비를 통신 및 시뮬레이션을 통해 원격지 콕핏 시스템에서 운용할 수 있는 인간 중심형(Human-in-the-Loop) CPS라고 할 수 있다.

VI. 결론

이상에서 연대기적으로 또 언어적으로 살펴본 것과 같이 메타버스는 새로운 개념이 아니다. 구체적이거나 완성된 개념 또한 아니다. 경쟁 용어들과 특별한 차별점을 가진 것도 아니다. 메타버스를 긍정적으로 받아들이고 기대하는 사람들조차 그것이 무엇이며 언제 달성될 것인지에 대한 질문에 명쾌한 답변을 하기 어렵다. 왜냐하면, 그것은 특정 기술이나 산업군을 가리키는 것이 아니라 “세계에 대한 가리킴(Pointing to a World)”이기 때문이다. 삶의 방식, 가치 기준의 변화를 내포하는 “세계에 대한 지향(Intentionality)의 변화”를 의미한다. 즉, 현재 메타버스의 (재)호명은 사람들의 사고의 전환을 대변하고 있다고 보는 것이 합(合)현상적일 것 같다.

이 같은 관점의 변화는 몇몇 분야에서 관찰할 수 있는데, 앞서 소개한 버추얼 패션의 경우, 더 이상 실물 의상의 제조·재현만을 위한 것이 아니라 가상공간 혹은 메타버스 내에서 나의 아바타를 위한 옷을 직접 만들거나 “유명 브랜드”의 옷을 구입하는 것으로 대중에게 받아들여지고 있다. 건축 분야에서는 입주예정자들이 실제 건물형 모델 하우스가 아니라 버추얼 모델 하우스를 관람하고 그 내부 인테리어를 각자의 기호에 맞게 직접 커스터마이제이션을 해보는 형태로 바뀌고 있다.

다만, 이러한 현상들은 아직 많지 않은 분야에서 제한된 수준으로 일어나고 있으며, 기술적 관점에서는 여러 세부 기술로 나뉘어 발전하고 있으므로 특정 서비스/산업 관점에서 이를 총체적으로 경험하거나 인식하기는 다소 어렵다. 다행히 그러한 기술 중 디지털 트윈이라 명명된 기술군이 메타버스의 기초이자 뼈대를 이루는 기술들과 밀접하게 연결되어 있을 것으로 보인다. 따라서 메타버스의 실질적 도래를 예측하고 싶다면, 그 핵심적 지표 중 하나로서 디지털 트윈 시스템의 분야별 확산 정도와 수준을 지켜볼 필요가 있을 것이다.

● 참고문헌

- [1] V. Bush, "As We May Think," The Atlantic Monthly, July, 1945, pp.101-108.
- [2] T. Nelson, "Complex information processing: a file structure for the complex, the changing and the indeterminate," ACM '65: Proceedings of the 20th National Conference, Aug. 1965, pp.84-100.
- [3] A. Toffler, "The Third Wave," New York, NY: William Morrow & Company, 1980.
- [4] S. Ellis, "What are Virtual Environments?," IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.14, No.1, Jan. 1994, pp.17-22.
- [5] I. Sutherland, "A Head-Mounted Three Dimensional Display," Proceedings of AFIPS 68, 1968, pp.757-764.
- [6] M. Minsky, "Toward a Remotely-Manned Energy and Production Economy," M.I.T. A.I. Lab. A.I. Memo, No.544, 1979.
- [7] R. A. Bolt, "Put-That-There: Voice and Gesture at the Graphics Interface," ACM Computer Graphics, Vol.14, No.3, 1980, pp.262-270.
- [8] W. Gibson, "Neuromancer," New York, NY: Ace, 1984.
- [9] N. Wiener, "Cybernetics," Cambridge, MA: MIT Press, 1948.
- [10] J. D. Foley, "Interfaces for Advanced Computing," Scientific American, Vol.257, No.4, Oct. 1987, pp.126-135.
- [11] N. Stephenson, "Snow Crash," NY: Bantam Books, 1992.
- [12] T. P. Caudell and D. W. Mizell, "Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes," Proceedings of the 25th Hawaii International Conference on System Sciences, 7-10 Jan. 1992.
- [13] P. Milgram and F. Kishino, "Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays," IEICE Transactions on Information and Systems, 1994, pp.1321-1329.
- [14] M. Greaves, "Digital Twin: Manufacturing Excellence Through Virtual Factory Replication," A White Paper, 2014.
- [15] C. Eastman et al., "An Outline of the Building Description System," CMU Research Report No.50, 1974.
- [16] G. A. Van Nederveen et al., "Modelling multiple views on buildings," Automation in Construction, Vol.1, No.3, 1992, pp.215-224.
- [17] Autodesk, "Building Information Modeling," A White Paper, 2002.
- [18] N. Savage, "Virtual Duplicates," Comm. of the ACM, Feb. 2022, Vol.65, No.2, pp.14-16.
- [19] 김병철, "클로버추얼패션 - 가상 패션 전문 기업", 한국정보과학회지, May, 2020, pp.46-55.
- [20] KRISO, "해양장비 실해역 성능검증을 위한 시험평가선 실시간 모니터링 프로그램 개발", 보고서, 2021.